

p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473

Akreditasi No. 21/E/KPT/2018

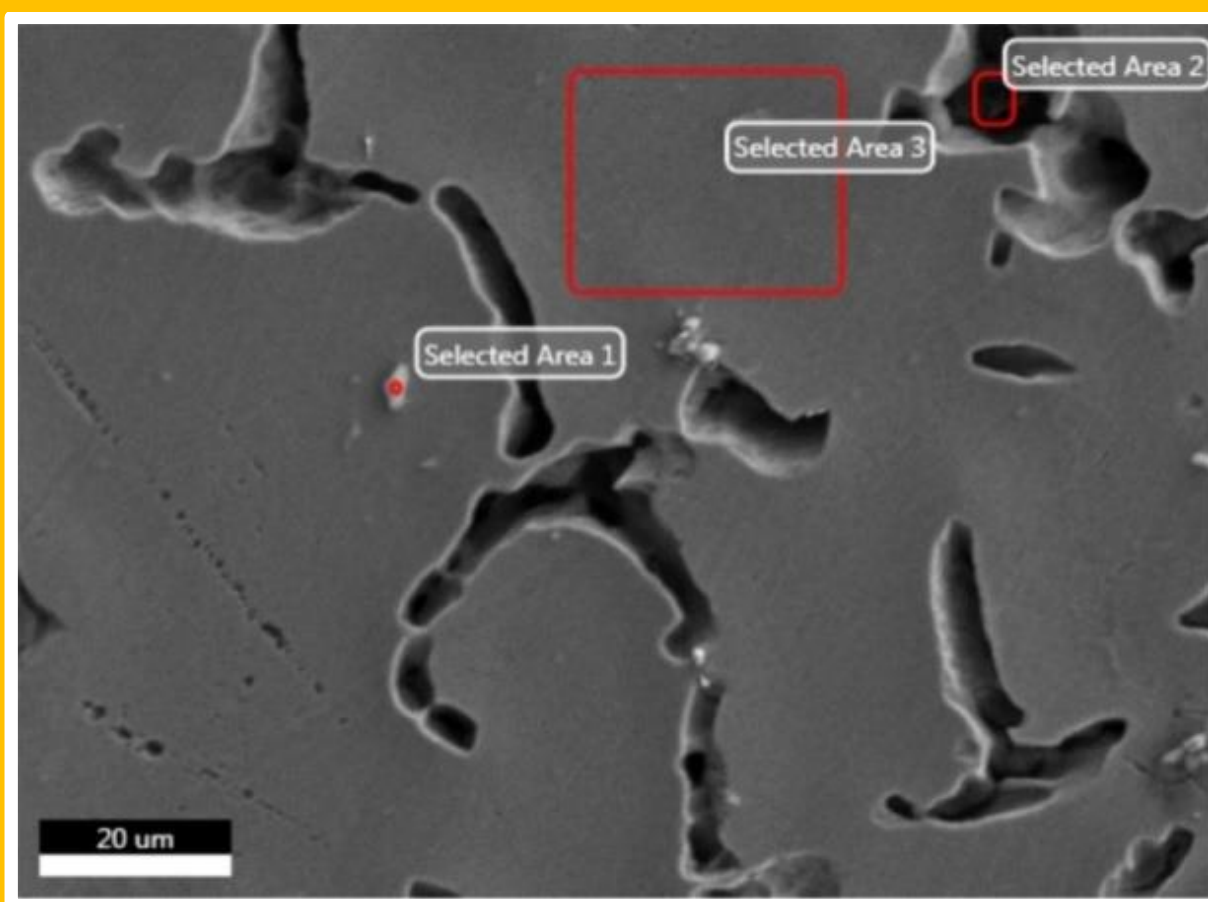
Berlaku s/d 2020

# Urania

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

Vol. 25 No.2

Juni 2019



*Scanning Electron Microscopy Of Ni-Al-Ti-1,5W*

**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
PUSAT TEKNOLOGI BAHAN BAKAR NUKLIR**

Urania	Vol. 25	No. 2	Hal : 71-140	Serpong Juni 2019	p ISSN 0852-4777; e ISSN 2528-0473
--------	---------	-------	--------------	----------------------	------------------------------------

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 25 No.2, Juni 2019

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir URANIA adalah wahana informasi tentang Daur Bahan Bakar Nuklir yang berisi hasil penelitian, pengembangan dan tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama kali pada tahun 1995 dengan frekuensi terbit sebanyak empat kali dalam satu tahun yaitu pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober. Sementara itu, mulai tahun 2011 Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir URANIA terbit tiga kali dalam satu tahun, yaitu pada bulan Februari, Juni dan Oktober.

### **Penanggung Jawab**

Kepala PTBBN

### **Penasehat**

Komisi Pembina Tenaga Fungsional

### **Pemimpin Dewan Redaksi**

#### **Merangkap Penyunting Ahli**

Dr. Jan Setiawan (Material, BATAN)

### **Pemimpin Redaksi Pelaksana**

#### **Merangkap Penyunting Ahli**

Ir. Aslina Br. Ginting (Teknik Kimia, BATAN)

### **Penyunting Ahli**

Ir. M. Husna Al Hasa, M.T (Metalurgi, BATAN)

Ir. Masrukan, M.T (Teknik Material, BATAN)

Ir. Supardjo, M.T (Teknik Material, BATAN)

Ir. Tri Yulianto (Teknik Nuklir, BATAN)

Ir. Etty Mutiara, M. Eng (Teknik Kimia, BATAN)

Ir. Sarjono, M. Sc (Teknik Nuklir, BATAN)

Erilia Yusnitha, S.T, M. Sc (Teknik Kimia, BATAN)

Rohmad Sigit Eko Budi Prasetyo, S.T, M.Si (Material, BATAN)

### **Penyunting Mitra Bestari**

Dr. Azwar Manaf, M. Met (Material, Universitas Indonesia)

Prof. Dr. Yanni Sudiyani (Biologi Lingkungan, LIPI)

Prof. Drs. Perdamean Sebayang, M.Sc (Fisika, LIPI)

Dr. Toto Sudiro (Fisika, LIPI)

Dr. Muhammad Subekti, M.Eng, (Teknik Nuklir, PTKRN-BATAN)

Ir. Tagor Malem Sembiring (Teknik Nuklir, PKSEN-BATAN)

Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma)

Daisman Purnomo Bayyu Aji, S.T, Ph.D (Universitas Trisakti)

Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency)

Dr. Mohd Idzat Idris (Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia)

### **Pemeriksa Naskah**

Yanlinastuti, S.Si

Dwi Agus Wrihatno, S.Kom

### **Sekretaris**

Mulkah Sari Banon, A. Md

---

### **Penerbit**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN)-BATAN

---

### **Alamat Redaksi**

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

Kawasan Puspipstek Serpong 15314

Telp. 021-756-0915 Faks. 021-756-0909

E-mail: [urania@batan.go.id](mailto:urania@batan.go.id) / [batanurania@gmail.com](mailto:batanurania@gmail.com)

---

---

## PENGANTAR REDAKSI

Sidang Pembaca Yang Terhormat,

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT serta atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" volume 25 No.2 dapat hadir ke hadapan pembaca.

Topik pertama dalam jurnal ini membahas masalah ilmu bahan dan berkaitan dengan teknologi bahan bakar reaktor daya yang ditulis dengan judul Pelapisan Permukaan Baja Tahan Karat AISI 304 dengan Khrom Oksida Menggunakan Metode *Sputtering*. Baja tahan karat digunakan untuk bahan struktur reaktor daya tipe LWR, AGR dan LMFBR. Permasalahan bahan struktur yang timbul adalah ketahanan korosi rendah dan *swelling* dalam lingkungan iradiasi tinggi. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan karakter mikrostruktur, kekerasan mikro, dan senyawa yang terbentuk pada lapisan permukaan baja tahan karat AISI 304 menggunakan metode *DC-sputtering*. Makalah berikutnya masih berkaitan dengan ilmu bahan yang ditulis dengan judul Oksidasi Siklik pada Temperatur 1200 °C Paduan Terner Ni-Al-Ti Yang Didoping dengan Wolfram. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur pemadu Wolfram (W) terhadap ketahanan oksidasi temperatur tinggi paduan terner Ni-Al-Ti dengan menggunakan metode oksidasi siklik pada temperatur 1200 °C.

Topik kedua membahas masalah ilmu kimia dan berkaitan dengan reaktor riset yang ditulis dengan judul Optimasi Parameter Pemisahan Zr dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  Pra Iradiasi Menggunakan Metode Kromatografi Penukar Anion. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter optimal pemisahan zirkonium dalam bahan standar maupun larutan PEB  $U_3Si_2/Al$  pra iradiasi menggunakan metode kromatografi penukar anion. Optimasi parameter pemisahan Zr dengan metode kromatografi penukar anion dilakukan menggunakan resin Dowex 1x-8. Tulisan berikutnya yang ditulis dengan judul Pembuatan Standar Cesium Dari Larutan PEB  $U_3Si_2/Al$  Pasca Iradiasi Untuk Digunakan Sebagai Standar Kalibrasi Energi Pada Spektrometer Gamma. Di dalam *hot cell*, Instalasi Radiometalurgi (IRM) banyak larutan bahan bakar nuklir hasil pengujian *burn up* belum dapat dilimahkan karena masih mengandung isotop  $^{137}Cs$  dan hasil fisi lainnya yang mempunyai waktu paroh panjang, tetapi larutan tersebut dapat digunakan sebagai sumber standar sekunder isotop  $^{137}Cs$ . Penelitian ini bertujuan untuk membuat sumber standar sekunder isotop  $^{137}Cs$  dengan aktivitas  $10330 \pm 411$  Bq. Tulisan berikutnya masih membahas tentang ilmu kimia ditulis dengan judul Pemisahan Cesium dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  Densitas 2,96  $gu/cm^3$  Pasca Iradiasi Dengan Metode Pengendapan *Chloroplatinate*. *Burn up* bahan bakar merupakan hal penting untuk mengetahui kualitas dan integritas elemen bakar nuklir setelah iradiasi. Salah satu parameter penting dalam melakukan perhitungan *burn up* adalah proses pemisahan dan analisis kandungan isotop  $^{137}Cs$  di dalam pelat elemen bakar nuklir (PEB) pasca iradiasi.

Topik ketiga dalam jurnal ini membahas masalah pemodelan karakteristik radionuklida bahan bakar bekas yang ditulis dengan judul *Characteristic Of Radionuclides On Thorium-Cycle Experimental Power Reactor Spent Fuel*. Pada topik ini dibahas studi terhadap karakteristik bahan bakar bekas Reaktor Daya Eksperimental (RDE) berbahan bakar thorium dengan mengasumsikan siklus operasional tipikal menggunakan kode komputer ORIGEN2.1.

Akhir kata, semoga jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" ini bermanfaat bagi masyarakat Indonesia umumnya dan khususnya bagi pengembangan IPTEK Daur Bahan Bakar Nuklir. Selamat menyimak

Juni, 2019  
DEWAN REDAKSI

# URANIA

---

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

---

Vol. 25 No. 2, Juni 2019

### DAFTAR ISI

Pengantar Redaksi	:	i
Daftar Isi	:	ii
Pelapisan Permukaan Baja Tahan Karat AISI 304 dengan Khrom Oksida Menggunakan Metode <i>Sputtering</i> (Sungkono, Jan Setiawan, Isfandi, Ihwanul Aziz)	:	71-80
Perilaku Oksidasi Siklik Pada Temperatur 1200°C Paduan Terner Ni-Al-Ti yang Didoping dengan Wolfram (Adam Aprilindra, Pradoto Ambardi, Djoko Hadi Prajitno)	:	81-92
Optimasi Parameter Pemisahan Zr Dalam PEB $U_3Si_2/Al$ Pra Iradiasi Menggunakan Metode Kromatografi Penukar Anion (Yanlinastuti, Noviarty, Iis Haryati, Samsul Fatimah, Boybul, Aslina Br. Ginting)	:	93-102
Pemisahan Cesium Dalam PEB $U_3Si_2-Al$ Densitas 2,96 gU/cm <sup>3</sup> Pascairadiasi dengan Metode Pengendapan Chloroplatinate (Arif Nugroho, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Aslina Br. Ginting)	:	103-114
Karakterisasi Pembuatan Standar Cesium Dari Larutan PEB $U_3Si_2-Al$ Pasca Iradiasi Densitas 2,96 gU/cm <sup>3</sup> dengan Metode Pengendapan $CsClO_4$ (Aslina Br. Ginting, Boybul, Arif Nugroho, Yanlinastuti, Noviarty, Gatot Wurdianto, Hermawan Chandra)	:	115-126
<i>Characteristic Of Radionuclides On Thorium-Cycle Experimental Power Reactor Spent Fuel</i> (R. Andika Putra Dwijayanto, Ihda Husnayani, Zuhair)	:	127-140

## ABSTRAK

Sungkono, Jan Setiawan, Isfandi, Ihwanul Aziz. Vol. 25 No. 2, hal. 71-80

**PELAPISAN PERMUKAAN BAJA TAHAN KARAT AISI 304 DENGAN KHROM OKSIDA MENGGUNAKAN METODE SPUTTERING.** Baja tahan karat digunakan sebagai bahan struktur reaktor daya tipe LWR, AGR dan LMFBR. Permasalahan bahan struktur yang timbul adalah ketahanan korosi rendah dan *swelling* dalam lingkungan radiasi tinggi. Salah satu cara yang digunakan adalah melapisi permukaan kelongsong baja tahan karat dengan khrom oksida. Tujuan penelitian adalah mendapatkan karakter mikrostruktur, kekerasan mikro, dan senyawa yang terbentuk pada lapisan permukaan baja tahan karat AISI 304. Metode yang digunakan adalah pelapisan permukaan AISI 304 dengan metode DC-sputtering. Proses pelapisan menggunakan bahan pelapis berupa target khrom, argon sebagai gas *sputter*, yang didoping gas oksigen dengan konsentrasi bervariasi dari 0 – 50 %volume, arus 10 – 20 mA, dan waktu 1 - 3 jam. Karakterisasi lapisan meliputi pengamatan mikrostruktur menggunakan mikroskop optik, kekerasan dengan *microhardness Vickers tester*, dan senyawa dalam lapisan dengan *X-ray diffractometer*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikrostruktur *base metal* tersusun dari fasa austenit dan endapan karbida, antarmuka logam-lapisan terlihat jelas, serta lapisan kompak dan homogen dengan ketebalan cenderung naik dalam rentang 0 – 30 %volume, menurun pada 30 – 40 %volume, dan bertambah tebal pada 40 – 50 %volume gas O<sub>2</sub>. Kekerasan lapisan bertambah tinggi hingga doping gas oksigen 30 %volume, kemudian menurun hingga 50 %volume gas O<sub>2</sub>. Pada konsentrasi dopan tetap dengan arus 10 – 20 mA dan waktu proses 1 – 3 jam diketahui kekerasan lapisan permukaan AISI 304 bertambah tinggi seiring dengan meningkatnya arus dan waktu *sputtering*. Pada konsentrasi dopan 30 %volume O<sub>2</sub>, arus 10 mA dan waktu 2 jam, lapisan yang terbentuk mengandung CrO<sub>2</sub>.

**Kata kunci:** Lapisan permukaan, bahan struktur, AISI 304, mikrostruktur, senyawa lapisan.

Adam Aprilindra, Pradoto Ambardi, Djoko Hadi Prajitno. Vol. 25 No. 2, hal. 81-92

**OKSIDASI SIKLIK PADA TEMPERATUR 1200 °C PADUAN TERNER Ni-Al-Ti YANG DIDOPING DENGAN WOLFRAM.** Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur padamu Wolfram (W) sebanyak 1,5% pada paduan terner Ni-Al-Ti terhadap ketahanan oksidasi temperatur tinggi dengan menggunakan metode oksidasi siklik yang dilakukan pada temperatur 1200 °C. Jumlah sampel yang digunakan pada penelitian ini sebanyak dua buah, yaitu sampel paduan Ni-Al-Ti dan paduan Ni-Al-Ti-1,5W. Proses oksidasi siklik dilakukan sebanyak 25 siklik, dengan variasi 4 siklik, 9 siklik, 16 siklik dan 25 siklik (1 siklik ditentukan dengan cara 60 menit pemanasan sampel di dalam tungku dan 30 menit didiamkan di luar tungku). Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan *Rockwell-C*, pengujian metalografi, pengukuran ketebalan oksida, pengamatan morfologi permukaan, pemeriksaan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Penambahan 1,5 %W pada paduan Ni-Al-Ti menyebabkan kekerasan paduan tersebut meningkat menjadi 48,5 HRC pada kondisi as-cast dan 50,5 HRC pada kondisi setelah *solution treatment*. Penambahan unsur Wolfram juga dapat mempengaruhi ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi paduan Ni-Al-Ti karena nilai kehilangan berat terhadap jumlah siklik pada proses oksidasi siklik menjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan sampel Ni-Al-Ti yang tanpa dipadu dengan unsur wolfram.

**Kata kunci:** Ni *base superalloy*, oksidasi siklik, wolfram.

Yanlinastuti, Noviarty, Iis Haryati, Syamsul Fatimah, Boybul, Aslina Br.Ginting. Vol. 25 No. 2, hal. 93-102

**OPTIMASI PARAMETER PEMISAHAN Zr DALAM PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al PRA IRADIASI MENGGUNAKAN METODE KROMATOGRAFI PENUKAR ANION.** Telah dilakukan optimasi parameter pemisahan *zirconium* dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pra iradiasi menggunakan metode kromatografi penukar anion dan analisisnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Zirconium* merupakan salah satu isotop yang dapat digunakan untuk penentuan *burn-up* dalam bahan bakar, untuk mendapatkan hasil *zirconium* yang optimal perlu dipelajari parameter-parameter yang mempengaruhi terhadap pengukuran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter optimal pemisahan *zirconium* dalam bahan standar maupun larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pra iradiasi menggunakan metode kromatografi penukar anion. Optimasi parameter pemisahan Zr dengan metode kromatografi penukar anion dilakukan menggunakan resin Dowex 1x-8 dengan variasi berat 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5 g, keasaman umpan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1; 2; 3; 4;5 dan 6M, konsentrasi umpan standar Zr dengan 50; 100; 150, dan 200 ppm dan kecepatan alir bahan elusi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 M pada 0,1; 0,3; 0,5; 0,7 dan 0,9 mL/menit. Efluen Zr sebagai hasil pemisahan ditambahkan Arsenazo III 0,1% sebagai pengompleks dan dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665,3 nm. Hasil pengukuran diperoleh parameter optimal pemisahan Zr pada penggunaan resin seberat 1,5 g dengan *recovery* 70,79 %, keasaman H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3M dengan *recovery* 83,94%, konsentrasi umpan sebesar 150 ppm dengan *recovery* 87,64% pada kecepatan alir pada 0,5 mL/menit. Parameter optimal ini digunakan untuk pemisahan unsur Zr di dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pra iradiasi dan diperoleh *recovery* pemisahan sebesar 96,23%. Optimasi parameter metode kromatografi penukar anion yang diperoleh dapat digunakan untuk pemisahan unsur Zr dalam larutan PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al pasca iradiasi.

**Kata kunci:** Parameter pemisahan, *zirconium*, PEB U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al, kromatografi, penukar anion.

Arif Nugroho, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Aslina Br.Ginting. Vol. 25 No. 2, hal. 103-114

**PEMISAHAN CESIUM DALAM PEB  $U_3Si_2/Al$  DENSITAS  $2,96 \text{ gU/cm}^3$  PASCA IRADIASI DENGAN METODE PENGENDAPAN CHLOROPLATINATE.** *Burn up* bahan bakar merupakan hal sangat penting untuk mengetahui kualitas dan integritas elemen bakar nuklirnya setelah iradiasi. Salah satu parameter penting dalam melakukan perhitungan *burn up* adalah proses pemisahan dan analisis kandungan isotop  $^{137}Cs$  di dalam pelat elemen bakar nuklir (PEB) pasca iradiasi. Pada penelitian ini telah dilakukan pemisahan dan analisis isotop  $^{137}Cs$  yang terkandung di dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi dengan metode pengendapan chloroplatinat. Langkah awal yang harus dilakukan sebelum metode ini digunakan adalah bahwa sampel harus bebas dari unsur-unsur yang akan mengganggu dalam pengendapan, kemudian dilakukan pemisahan dengan cara mengendapkan isotop  $^{137}Cs$  dalam bentuk  $Cs_2PtCl_6$ . Proses pengendapan dilakukan dengan penambahan  $CsNO_3$  variasi berat 0,0263; 0,0501; 0,0754; 0,1036 ; 0,2064; 0,3020 dan 0,4017 g yang berguna sebagai bahan *carrier* non aktif. Serbuk  $CsNO_3$  *carrier* digunakan untuk menambah jumlah isotop Cs yang terendapkan dalam bentuk  $Cs_2PtCl_6$  dikarenakan  $CsNO_3$  mempunyai sifat kimia yang sama dengan isotop  $^{137}Cs$  di dalam larutan uranyl nitrat. Isotop  $^{137}Cs$  terikat dalam endapan  $Cs_2PtCl_6$  dan untuk mengetahui kandungan isotop  $^{137}Cs$  dalam endapan  $Cs_2PtCl_6$  dilakukan pengukuran menggunakan spektrometer- $\gamma$ . Hasil pemisahan  $^{137}Cs$  menunjukkan bahwa penambahan  $CsNO_3$  dengan berat 0,1036 g dapat memungut isotop  $^{137}Cs$  sebesar 0,000328 g/gPEB dari 0,000465 g/gPEB dalam larutan  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi atau dengan *recovery* pemisahan sebesar 70,4753%. Besarnya *recovery* pemisahan dengan metode ini masih lebih kecil bila dibandingkan metode pemisahan  $^{137}Cs$  lainnya, hal ini disebabkan karena langkah proses pemisahan yang digunakan terlalu panjang sehingga menimbulkan banyak kesalahan dalam proses preparasi sampel.

**Kata kunci:**  $U_3Si_2/Al$ , analisis isotop  $^{137}Cs$ , pengendapan  $Cs_2PtCl_6$ .

Aslina Br. Ginting, Boybul, Arif Nugroho, Yanlinastuti, Noviarty, Gatot Wurdianto, Hermawan Chandra. Vol. 25 No. 2, hal. 115-126

**PEMBUATAN STANDAR CESIUM DARI LARUTAN PEB  $U_3Si_2/Al$  PASCA IRADIASI DENSITAS  $2,96 \text{ gU/cm}^3$  PASCA IRADIASI DENGAN METODE PENGENDAPAN  $CsClO_4$ .** Larutan bahan bakar  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi sebagai hasil analisis *burn up* banyak dihasilkan di dalam *hot cell* Instalasi Radiometalurgi (IRM). Larutan tersebut belum dapat dilimahkan karena masih mengandung isotop  $^{137}Cs$  dan hasil fisi lainnya yang mempunyai waktu paruh panjang, tetapi larutan tersebut dapat digunakan sebagai sumber standar sekunder isotop  $^{137}Cs$  untuk keperluan analisis. Dalam melakukan analisis bahan bakar pasca iradiasi selalu menggunakan metode spektrometer- $\gamma$  yang valid dan terkalibrasi. Standar yang digunakan untuk mengkalibrasi energi spektrometer- $\gamma$  adalah isotop  $^{137}Cs$ . Permasalahannya adalah kalibrasi spektrometer- $\gamma$  tidak dapat dilakukan secara rutin karena tidak tersedianya sumber standar. Kebutuhan standar isotop  $^{137}Cs$  untuk litbang masih tergantung dari luar negeri. Oleh karena itu, pada penelitian ini, PTBBN dan PTKMR bertujuan untuk membuat sumber standar sekunder isotop  $^{137}Cs$  dengan aktivitas  $10330 \pm 411 \text{ Bq}$ . Standar diperoleh dari larutan hasil pemisahan hasil fisi  $^{137}Cs$  dengan uranium dalam PEB  $U_3Si_2/Al$  pasca iradiasi. Pemisahan  $^{137}Cs$  dengan uranium dilakukan dengan metode pengendapan menggunakan serbuk  $CsNO_3$  dan  $HClO_4$  sebagai *carrier*. Hasil pemisahan diperoleh endapan  $^{137}CsClO_4$ , kemudian dikeringkan dan ditimbang, untuk selanjutnya diukur besar aktivitasnya menggunakan spektrometer- $\gamma$ . Endapan  $^{137}CsClO_4$  kering kemudian dilakukan pengemasan menjadi sumber standar tertutup (*shield source*) dan disertifikasi oleh PTKMR sehingga diperoleh standar sekunder isotop  $^{137}Cs$  yang siap digunakan untuk mengkalibrasi energi spektrometer- $\gamma$ .

**Kata kunci:** Larutan PEB  $U_3Si_2/Al$ , cesium, kalibrasi, standar sekunder, spektrometer- $\gamma$ .

R. Andika Putra Dwijayanto, Ihda Husnayani, Zuhair. Vol. 25 No. 2, hal. 127-140

**KARAKTERISTIK RADIONUKLIDA PADA BAHAN BAKAR BEKAS REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL SIKLUS THORIUM.** Terdapat beberapa opsi pemanfaatan bahan bakar nuklir untuk Reaktor Daya Eksperimental (RDE) berbasis HTGR. Walau RDE utamanya memanfaatkan low-enriched uranium (LEU), dimungkinkan juga memanfaatkan bahan bakar lain, misalnya thorium dan plutonium. Bahan bakar berbeda akan menghasilkan karakteristik bahan bakar bekas berbeda pula, sehingga menjadi penting untuk mengidentifikasi karakteristiknya untuk memahami dan mengevaluasi sistem handling dan interim storage yang diperlukan. Makalah ini membahas studi terhadap karakteristik bahan bakar bekas RDE berbahan bakar thorium, mengasumsikan siklus operasional tipikal. Kode komputer ORIGEN2.1 digunakan untuk menentukan karakteristik bahan bakar bekas tersebut. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa, pada akhir siklus perhitungan, tiap pebble bahan bakar bekas membangkitkan 0,627 Watt kalor, 28 neutron/s,  $8,28 \times 10^{12}$  foton/s dan 192.53 Curie radioaktivitas. Nilai radioaktivitas dan emisi foton yang lebih tinggi dari bahan bakar LEU mengharuskan penanganan berbeda dalam manajemen bahan bakar bekas, jika RDE menggunakan bahan bakar thorium. Aktivitas TI-208 pun diketahui memancarkan emisi gamma kuat yang mungkin tidak dapat diabaikan, menambah perlunya penanganan bahan bakar bekas yang tepat khususnya terkait perisai radiasi pada kontainer bahan bakar bekas.

**Kata kunci:** RDE, bahan bakar bekas, thorium, HTGR, TI-208.

## ABSTRACT

Sungkono, Jan Setiawan, Isfandi, Ihwanul Aziz. Vol. 25 No. 2, pp. 71-80

### **SURFACE COATING OF AISI 304 STAINLESS STEEL WITH CHROMIUM OXIDE BY SPUTTERING METHODE.**

Stainless steel has been used as structure material of power reactors of LWR, AGR and LMFBR types. The problem of structural materials that arises is low corrosion resistance and swelling in high irradiation environments. One method to overcome this problem is surface coating of the stainless steel cladding with chromium oxide. The aim of this study is to obtain the characteristics of microstructure, microhardness, and compounds formed in the surface layer of AISI 304 stainless steel. DC-sputtering method was used for the coating of SS 304 surface. The coating process used coater material of chromium target and argon as sputtering gas which was mixed with oxygen gas with concentrations varying from 0 - 50% volume. The process was carried out at 10 - 20 mA current for 1 - 3 hours. Characterization of the layer includes microstructure observation using optical microscope, hardness with microhardness Vickers tester, and compounds analysis in layers with X-ray diffractometer. The results shows that the base metal microstructure is composed of austenite and carbide deposits. The metal-layer interface is clearly visible. The thickness of the resulted compact and homogeneous layer tends to increase for O<sub>2</sub> gas composition in the range of 0 - 30 %volume but decrease for the range of 30 - 40 %volume and rise at 40 - 50 %volume. The hardness of the layer increases until oxygen gas is at 30 %volume and then decreases at 50 %volume of O<sub>2</sub> gas. At a fixed value of O<sub>2</sub> composition at a current of 10 - 20 mA and a process time of 1 - 3 hours, it is observed that the hardness of the SS 304 surface layer increases with increasing current and sputtering time. At a composition of 30 %volume of O<sub>2</sub>, 10 mA current and 2 hours process, the resulted layer contains CrO<sub>2</sub>.

**Keywords:** Surface layer, structure material, AISI 304, microstructure, layer compound

Adam Aprilindra, Pradoto Ambardi, Djoko Hadi Prajitno. Vol. 25 No. 2, pp. 81-92

**CYCLIC OXIDATION OF Ni-Al-Ti TERNARY ALLOY WITH WOLFRAM DOPING AT 1200°C.** This research is aimed to study the effect of Wolfram (W) on high temperature oxidation resistance of Ni-Al-Ti ternary alloy by cyclic oxidation method at 1200 °C. The amount of Wolfram added was 1.5% W. Number of samples used in this study is 2 samples, namely Ni-Al-Ti alloy and Ni-Al-Ti-1.5W alloy. Cyclic oxidation process was carried out with cycle variation of 4, 9, 16 and 25 cycles (a cycle refers 60 minutes of heating in the furnace and 30 minutes cooling outside the furnace). The tests include Rockwell-C hardness testing, metallographic testing, oxide thickness testing, surface morphology observation, Scanning Electron Microscopy (SEM) examination and X-Ray Diffraction (XRD) analysis. Wolfram content shows an influence in the hardness values with the highest hardness value obtained for the Ni-Al-Ti-1.5W sample with a hardness of 48.5 HRC for as cast sample and 50.5 HRC after treatment solution. The addition of wolfram appears to improve the resistance to high temperature, which can be seen from the cyclic weight loss curve where the Ni-Al-Ti-1.5W sample has lower weight loss when compared to the other sample.

**Keywords:** Ni base superalloy, cyclic oxidation, Wolfram.

Yanlinastuti, Noviarty, Iis Haryati, Syamsul Fatimah, Boybul, Aslina Br.Ginting. Vol. 25 No. 2, pp. 93-102

**OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS OF Zr SEPARATION FROM U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al FRESH FUEL BY ANION EXCHANGER CHROMATOGRAPHY.** Determination of optimum parameters in the process of zirconium separation from U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fresh fuel solution by anion exchanger chromatography and analysis with UV-Vis spectrophotometer has been carried out. Zirconium is one of isotopes that can be used in the determination of fuel burn-up. The purpose of this study is to obtain optimal parameters of zirconium separation in standard materials as well as U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fresh fuel solution by anion exchanger chromatography. Optimization of Zr separation parameters was carried out using Dowex 1x-8 resin with a variation in weight of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 and 2.5 g, acidity of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at 1; 2; 3; 4; 5 and 6 M, standard feed concentrations of Zr at 50; 100; 150 and 200 ppm and flow rate of 3M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> elution at 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 and 0.9 mL/minute. To the Zr effluent as the result of separation was added Arsenazo III 0.1% as complexing agent, and subsequent analysis with UV-Vis spectrophotometry was done at a wavelength of 665.3 nm. The measurement results show that the optimal parameters of Zr separation are the use of 1.5 g resin with resulting recovery of 70.79%, acidity of 3M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with recovery of 83.94%, feed concentration of 150 ppm with recovery of 87.64% at a flow rate of 0.5 mL/minute. When those optimal parameters were used in Zr separation from U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al fresh fuel solution, the recovery obtained was 96.23%. These optimized parameters can also be used to separate Zr from U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al irradiated fuel solution.

**Keywords:** Separation, zirconium, fuel element plate of U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>/Al, anion exchange chromatography

Arif Nugroho, Boybul, Sutri Indaryati, Iis Haryati, Rosika Kriswarini, Aslina Br. Ginting. Vol. 25 No. 2, pp. 103–114

**CESIUM SEPARATION FROM IRRADIATED  $U_3Si_2/Al$  OF  $2.96 \text{ gU/cm}^3$  BY CHLOROPLATINATE PRECIPITATION METHODE.** Fuel burnup is an important parameter for determining the quality and integrity of irradiated nuclear fuel. The most important parameters in the calculation of burnup is the separation process and  $^{137}\text{Cs}$  content analysis sampled from the irradiated plate fuel. This research has conducted separation and analysis of the  $^{137}\text{Cs}$  contained in irradiated  $U_3Si_2/Al$  plate by chloroplatinate precipitation method. This method requires that the sample has to be made free from elements that may interfere with the precipitation process. The separation is done by precipitation of  $^{137}\text{Cs}$  isotope in the form of  $\text{Cs}_2\text{PtCl}_6$ . The precipitation process uses  $\text{CsNO}_3$  as non-active carrier with varied weight of 0,0263; 0,0501; 0,0754; 0,1036; 0,2064; 0,3020 dan 0,4017 g. The  $\text{CsNO}_3$  carrier is added in order to obtain more amount of precipitate of Cs in the form of  $\text{Cs}_2\text{PtCl}_6$  because  $\text{CsNO}_3$  has similar chemical properties with  $^{137}\text{Cs}$  in uranyl nitrate solution. The  $^{137}\text{Cs}$  isotope is coprecipitated in  $\text{Cs}_2\text{PtCl}_6$  and  $\gamma$ -spectrometry is used in the determination of the content of  $^{137}\text{Cs}$  in  $\text{Cs}_2\text{PtCl}_6$  precipitate. The separation results show that addition of 0,1036 g  $\text{CsNO}_3$  has recovered 0,000328 g/g-sample of  $^{137}\text{Cs}$  from 0,000465 g/g-sample in irradiated  $U_3Si_2/Al$  solution, or a recovery of 70,4753 %. Recovery value by this method is still lower when compared to other  $^{137}\text{Cs}$  separation methods due to longer steps of separation process, which may cause many errors in the sample preparation process.

**Keywords:**  $U_3Si_2/Al$ , analysis of  $^{137}\text{Cs}$  isotopes, precipitation of  $\text{Cs}_2\text{PtCl}_6$

Aslina Br. Ginting, Boybul, Arif Nugroho, Yanlinastuti, Noviarty, Gatot Wurdianto, Hermawan Chandra. Vol. 25 No. 2, pp. 115–126

**DEVELOPMENT OF CESIUM STANDARD FROM IRRADIATED  $U_3Si_2/Al$  OF  $2.96 \text{ gU/cm}^3$  FUEL SOLUTION BY  $\text{CsClO}_4$  PRECIPITATION METHODE.** A considerable amount of irradiated nuclear fuel solutions exist in the hotcell area of Radiometallurgy Instalation (IRM). These solutions were generated from sampling activities for burnup test. The solutions can not be disposed due to the present of  $^{137}\text{Cs}$  isotope and other heavy elements that have a long half time, but the solutions can be used as a secondary source of  $^{137}\text{Cs}$  standard for analysis purposes. Post-irradiation fuel analysis is always conducted by a valid method and with a calibrated spectrometer- $\gamma$ . The standard used in the calibration of spectrometer- $\gamma$  energy or activity is  $^{137}\text{Cs}$  isotope. There have been some restriction in the use of spectrometer- $\gamma$  because spectrometer- $\gamma$  calibration can not be performed routinely due to the unavailability of standard sources. The availability of  $^{137}\text{Cs}$  isotope for R&D is still dependent on abroad suppliers. Therefore, in this research, PTBBN and PTKMR aim to develop a secondary standard source of  $^{137}\text{Cs}$  isotope with  $10330 \pm 411 \text{ Bq}$  activity. The standard source was obtained from a solution of  $^{137}\text{Cs}$  separated from  $U_3Si_2/Al$  irradiated fuel. The separation was done by precipitation method with  $\text{CsNO}_3$  and  $\text{HClO}_4$  as the carrier. The result of the separation is  $^{137}\text{CsClO}_4$  precipitate, dried and weighed for obtaining greater activity and measured with a spectrometer- $\gamma$ . The dried precipitate  $^{137}\text{CsClO}_4$  was subsequently packed as closed standard source (shield source). This standard source was certified by PTKMR as secondary standard isotope of  $^{137}\text{Cs}$  and is ready to be used for energy calibration of spectrometer- $\gamma$ .

**Keywords:** Solution of  $U_3Si_2/Al$ , cesium, calibration, secondary standard, spectrometer- $\gamma$

R. Andika Putra Dwijayanto, Ihda Husnayani, Zuhair. Vol. 25 No. 2, pp. 127–140

**CHARACTERISTICS OF RADIONUCLIDES ON THORIUM-CYCLE EXPERIMENTAL POWER REACTOR SPENT FUEL.** There are several options of nuclear fuel utilisation in the HTGR-based Experimental Power Reactor (Reaktor Daya Eksperimental/RDE). Although mainly RDE utilises low enriched uranium (LEU)-based fuel, which is the most viable option at the moment, it is possible for RDE to utilise other fuel, for example thorium-based and possibly even plutonium-based fuel. Different fuel yields different spent fuel characteristics, so it is necessary to identify the characteristics to understand and evaluate their handling and interim storage. This paper provides the study on the characteristics of thorium-fuelled RDE spent fuel, assuming typical operational cycle. ORIGEN2.1 code is employed to determine the spent fuel characteristics. The result showed that at the end of the calculation cycle, each thorium-based spent fuel pebble generates around 0,627 Watts of heat, 28 neutrons/s,  $8.28 \times 10^{12}$  photons/s and yield 192.53 curies of radioactivity. These higher radioactivity and photon emission possibly necessitate different measures in spent fuel management, if RDE were to use thorium-based fuel. TI-208 activity, which found to be emitting potentially non-negligible strong gamma emission, magnified the requirement of proper spent fuel handling especially radiation shielding in spent fuel cask.

**Keywords:** RDE, spent fuel, thorium, HTGR, TI-208.



# URANIA

## Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir

### PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Naskah berupa karya tulis ilmiah hasil penelitian dan pengembangan yang berkaitan dengan daur bahan bakar nuklir yang meliputi : proses, analisis, uji bahan, perekayasaan, pemodelan dan keselamatan. Naskah harus orisinal dan belum pernah diterbitkan. Ketentuan penulisan naskah karya tulis ilmiah adalah:

1. JUDUL, ditulis menggunakan jenis huruf arial 14, *bold* dengan spasi 1,5.
2. NAMA PENULIS, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10, *bold* spasi *exactly* 14.
3. ALAMAT/UNIT KERJA/ALAMAT EMAIL, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 spasi *exactly* 14.
4. ABSTRAK, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14 dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris maksimum 200 kata, berisi ringkasan latar belakang, tujuan, pelaksanaan, hasil dan simpulan. Di bawah abstrak dituliskan kata kunci.
5. PENDAHULUAN, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14. Pendahuluan memuat latar belakang dan permasalahan, status ilmiah saat ini, cara pendekatan penyelesaian masalah, hipotesis, tujuan, metoda dan hasil yang diharapkan.
6. TEORI, bila diperlukan ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14.
7. METODOLOGI/TATA KERJA, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14. Metodologi/Tata Kerja ditulis secara terinci yang memuat metoda, ruang lingkup, bahan dan peralatan yang digunakan serta cara kerja.
8. HASIL DAN PEMBAHASAN, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14. Hasil dan Pembahasan disusun secara rinci yang memuat data (tabel, gambar), bahasan hasil yang diperoleh dan kaitan dengan konsep dasar atau hipotesis, perbandingan dengan hasil penelitian lain dan implikasi hasil penelitian.
9. SIMPULAN, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14 yang berisi simpulan dari hasil pembahasan.
10. UCAPAN TERIMA KASIH, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14.
11. DAFTAR PUSTAKA, ditulis menggunakan jenis huruf arial 10 dengan spasi *exactly* 14 ditulis sesuai urutan yang diacu dan menggunakan nomor urut dengan angka Arab. Penulisan daftar pustaka mengacu pada standar IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Acuan lengkap dapat diunduh di situs <http://www.ieee.org/>. Contoh penulisan daftar pustaka dari berbagai sumber seperti berikut:
  - a. **Buku:** R.E.E. Smallman, *Metalurgi Fisik Modern* (Edisi 4). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1991.
  - b. **Artikel Jurnal:** Sugondo dan A. Chaidir, "Pengaruh temperatur anil terhadap jenis dan ukuran presipitat fase kedua pada paduan Zr-1%Nb-1%Sn-1%Fe," *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, vol.5, no.1, hal. 21-29, 2009.
  - c. **Makalah Referensi:** H. Suwarno, A.A. Wisnu dan I. Andon, "The X-Ray dffraction analyses on the mechanical alloying of the Mg<sub>2</sub>Ni formation," dipresentasikan pada The International Conference on Solid State Ionec Proceeding, Jakarta, Agustus 2007, Editor: Penerbit, Tahun, halaman.
  - d. **Tesis/Disertasi:** J. Setiawan, "judul tesis/disertasi," Tesis/Disertasi, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2010.
  - e. **Dokumen Internet:** S. L. Talleen. (1996, Apr.). The Intranet Architecture. Amdahl Corp., CA. [Online]. Available: <http://www.amdahl.com/infra/>.
12. LAMPIRAN, jika ada.

#### Ketentuan lain:

- Naskah diketik menggunakan pengolah kata *Microsoft Word* dan dicetak pada kertas ukuran A4 dengan *margin* atas, bawah dan kanan masing-masing 2,54 cm sedangkan *margin* kiri 3,17 cm. Jumlah halaman minimal 8 dan maksimal 15 termasuk gambar dan tabel.
- Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
- Naskah dikirim langsung ke redaksi melalui sistem OJS ([jurnal.batan.go.id/index.php/urania](http://jurnal.batan.go.id/index.php/urania)).
- Penerbitan jurnal dilakukan 3 (tiga) kali dalam satu tahun, yakni pada bulan Februari, Juni dan Oktober.
- Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Urania tidak menerima naskah dengan penulis naskah tunggal.
- Menyerahkan **Pernyataan Etika** dan **Penyerahan Perjanjian Hak Cipta** sebelum artikel dapat dipublikasikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Azwar Manaf, M.Met (Universitas Indonesia), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
2. Prof. Dr. Yanni Sudiyani (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang biologi lingkungan.
3. Prof. Drs. Perdamean Sebayang, M.Sc (LIPI), mempunyai kepakaran dalam bidang fisika.
4. Dr. Hishamuddin Husain (Malaysian Nuclear Agency), mempunyai kepakaran dalam bidang material.
5. Dr. Eng. I Made Wicaksana Ekaputra, M.Eng (Universitas Sanata Dharma), mempunyai kepakaran dalam bidang material.

Sebagai penyunting mitra bestari yang telah menyediakan waktu, pikiran serta saran-saran untuk mereview jurnal ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "URANIA" Volume 25 No.2 (edisi Juni 2019).

Juni 2019

Redaksi

Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir "**URANIA**"